

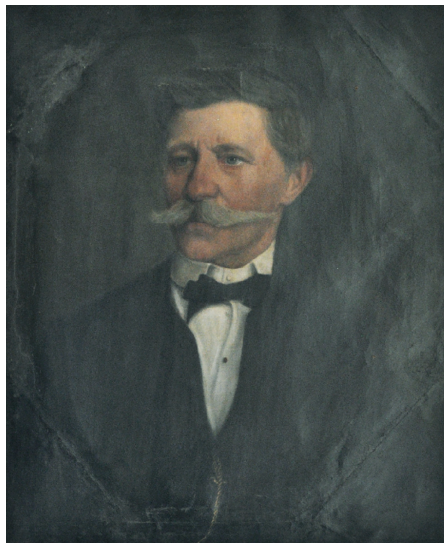
Több mint 175 éves a BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszéke

A múlt

A Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék mai formájában 2007-ben alakult meg – az Általános és Analitikai Kémia, valamint az 1921-ben különvált Szervetlen Kémia Tanszék újraegyesítésével –, az 1846-ban megalakult BME-jogelőd József Ipartanoda egyik első tanszéke, a Kémia Tanszék utódaként. A tanszék első vezetőjét (professzorát), az 1845 óta MTA I. tag (1858: r. tag) Nendtvich Károlyt 1847. október 24-én nevezte ki V. Ferdinánd király. A tanszék ekkor kezdte meg működését, és ezt tekintjük alapítási dátumának. A tanszék 150 éves évfordulója 1997-ben volt, ahogyról Szabadvány Ferenc annak idején megemlékezett a Magyar Kémikusok Lapjában (150 éves a BME Általános és Analitikai Kémiai Tanszéke) amely részben a jelen történelmi áttekintésnek is forrásként szolgált. [1]

Nendtvich 1882-es nyugdíjazásáig vezette a tanszékot, és ez idő alatt az időközben ipartanodából Műegyetemmé alakult intézmény rektora is volt. Zömében analitikai munkái mellett a magyar nyelvű kémiaoktatás egyik megalapozó személyiségként írt könyveiből vegyészek generációi tanultak. Utódja, Ilosvay Lajos ugyan 1917-ben nyugdíjba vonult, de megbízott tanszékvezetőként 1934-ig, vagyis összesen 52 éven át vezette a tanszékot. Ilosvay analitikai kémiai munkássága (Griess–Ilosvay-reagens) mellett az első magyar szerves kémia könyv szerzője. 1891-ben lett az MTA I. tagja (1905: r. tag), dékánként, rektorként, államtitkárként a magyar egyetemi világ befolyásos személyisége volt.

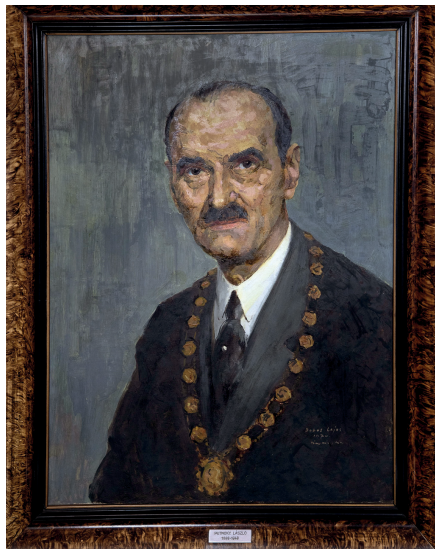
A kémiát és vegyész-mérnöki tudományokat egyre kiterjedtebben igénylő magyar ipar fejlődésével bővülő hallgatói létszám igényelte a kémiai terület tudományágai szerinti specializálódást, és a Kémia Tanszékből a 20. század elején több tanszék is kivált. Így született meg 1921-ben a Szervetlen Kémia Tanszék, miután a Fritz



Nendtvich Károly (1811–1892) és Ilosvay Lajos (1851–1936) tanszéken kiállított festményeinek fényképei

Habernél (Nobel-díj: 1918) doktorált és Rutherfordnál (Nobel-díj: 1908) posztdoktorként dolgozó Putnoky Lászlót kinevezték nyilvános rendes egyetemi tanárnak. [2]

Putnoky László arcképét az MMKM Vegyészeti Múzeum bocsátotta rendelkezésre (fotó: Karasz Lajos)



Ettől kezdve a 2006-os újraegyesítésig a két tanszék párhuzamosan működött, bár a történetbe néhány kanyar még belefért. Az immár Általános Kémia Tanszék (ennek feladata volt a többi mérnök-kar kémiaoktatása is) vezetését Ilosvay Lajos után 1934-ben, egy egyetemi átszervezést követően, Gróh Gyula vette át. Gróh Gyula a Műegyetembe karként beolvasztott korábbi Állatorvosi Főiskola Kémia Tanszékének vezetőjeként lett a két intézmény vezetője, bár a Gellért téri kampuszon továbbra is az a Plank Jenő irányította a munkát, aki Ilosvay tanszékvezetésének utolsó éveiben már a munka jelentős részét végezte. Plank Jenő 1940-ben kapott nyilvános rendes tanári kinevezést, és lett a tanszék vezetője, majd dékán, 1945-ben MTA I. tag (1949-ben visszaminősítették tanácskozási jogú taggá, 1989-ben rehabilitálták). Dékáni minőségében az 1947-ben eltávolított Putnoky László helyett a Szervetlen Kémia Tanszék vezetését is rövid ideig ellátta, amíg Proszk Jánost (1953: Kossuth-díj, 1956: MTA I. tag) 1948-ban kinevezték tanszékvezetőnek. A Szervetlen Kémia Tanszék vezetésében a



Plank Jenő (1890–1976) és Erdey László (1910–1970) tanszéken kiállított festményeinek fényképei

kémikusok generációi számára alapvető tankönyveket író Proszta Jánost 1963-ban Nagy József (Kossuth-díj: 1953) váltotta, aki a tanszék fő profiljává a szilikonok kutatását tette, és ennek a területnek az elméleti és gyakorlati vonatkozásait egyaránt fontosnak tartva ért el eredményeket. E tanszék vezetését 1991-ben vette át Réffy József, akit 1998-ban megbízottként egy évre Hencsei Pál, majd 1999-ben Nyulászi László (MTA I. tag: 2019) váltott; ő a 2006-os újraegyesítésig volt tanszékvezető. Visszakanyarodva az Általános Kémia Tanszék-re, Plank Jenőt 1949-ben nyugdíjazták, és őt az analitikában sok területen jelentős eredményt elérő Erdey László (dékán, MTA I. tag: 1951, r. tag: 1955, Kossuth-díj: 1951, 1958) váltotta az 1966-ban Általános és Analitikai Kémia Tanszék-re átnevezett egység vezetésében, egészen 1970-ben bekövetkezett haláláig. A tanszék munkatársai által ebben az időszakban oktatott analitikai módszerek változatosságát jól szemlélteti az Erdey és Mázor szerkesztette Analitikai kézikönyv [3].

Erdey Pungor Ernő, az elektroanalitika világszerte elismert szakteknitélye (dékán, MTA I. tag: 1967, r. tag: 1976, Állami díj: 1973, francia Becsületrend) váltotta a tanszék élén; születése százéves évfordulójáról ebben az évben emlékezik meg a tanszék. Vezetése alatt az Általános és Analitikai Kémia Tanszék létszáma – figyelembe véve az MTA-kutatócsoportot is – mintegy 150 főre nőtt, s a tanszéken immár több professzor is dolgozott, közülük megemlítjük az MTA-tagokat: Szabadváry Ferencet (főállásban a Műszaki Múzeum igazgatója), illetve Tóth Klárát.

Több munkatársa sikeres akadémiai karriert futott be, külföldi (pl. Lindner Ernő, University Memphis, MTA külső tag: 2022; Gratzl Miklós, Case Western Reserve University), illetve magyarországi (Nagy Géza, Pécsi Tudományegyetem; az MKL előző, novemberi számában ő emlékezett meg Pungor Ernőről, *a szerk.*) egyetemeken. Pungor Ernőt 1990-ben kinevezték az OMFB elnökének és tárca nélküli miniszternek, ekkor ideiglenesen a tanszék professzora, Gál Sándor dékán (MTA I. tag: 1993, r. tag: 2004, Állami díj: 1988) vette át a tanszék irányítását, 1991-ben pedig Hargittai István, a szerkezeti kémia világszerte ismert neves kutatója (MTA I. tag: 1987, r. tag: 1993, Széchenyi-díj: 1996) lett a tanszékvezető, akit 1996 és 2005 között Pokol György (dékán, MTA TTK-főigazgató) követett. 2005-ben az Általános és Analitikai Kémia Tanszékbe beolvadt a Kémiai Informatika Tanszék, melynek vezetője, Horvai György (2007: MTA I. tag, 2013: r. tag, Széchenyi-díj: 2010) vette át az anyatanszék vezetését a dékánná kinevezett Pokol Györgytől. A párhuzamosan futó tanszéki történetek fonala 2006-ban ért ismét össze: az egyesült Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék vezetője 2012-ig Horvai György lett, akit Nyulászi László váltott a vezetői pozícióban. Az egyesült tanszékot erősítette az MTA Szerkezeti Kémiai Kutatócsoportban tevékenykedő Hargittai Magdolna (MTA I. tag: 2004, r. tag: 2010, Széchenyi-díj: 1996) és részállásban Keserű György Miklós (MTA. I. tag: 2019, Széchenyi-díj: 2022). 2021 óta a Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék vezetője a szenzor-kutatással foglalkozó Lendület-kutatócsoportvezető Gyurcsányi E. Róbert.



Pungor Ernő (1923–2007) 2005-ben annak az elektrokémiai szenzorokról rendezett mátrafüredi konferenciasorozatnak az egyik ülésén, amelyet még 1972-ben indított el (fotó: Vigassy Tamás)

A múlt áttekintése is egyértelművé teszi a tanszék tevékenysége által lefedett rendkívül tág kutatási területet, amely a kor igényeit követve változó prioritásokat mutatott, de mindvégig megtartotta az egyensúlyt a felfedező kutatás, az ipari megvalósításokat támogató alkalmazott kutatás, illetve az ezekhez szükséges elméleti és gyakorlati ismeretek oktatása között. Az egyetemi hallgatók oktatása mellett a tanszék élén járt a posztgraduális képzésben, ugyanis Erdey László kezdeményezésére már 1964-ben szakmérnöki képzést indított. [4] Kiemelendő a termoanalitikai és elektroanalitikai eszköz-, illetve műszerfejlesztés, így például a „Paulik–Paulik–Erdey”-derivatográf, [5] amely lehetővé tette a mintában hevítés hatására bekövetkező tömegváltozás és entalpiaváltozás együttes monitorálását. A kutatómunkát folyamatosan támogatták az elmúlt több mint 50 évben a tanszéken működő MTA/ELKH/Lendület támogatott kutatócsoportok a műszaki analitikai kémia, az anyagszerkezet és modellezés, a számítástechnikai kémia, illetve a kémiai nanoérzékelők területén. Nemzetközi szinten is kiemelkedő eredmények születtek az elektroanalitikában, termikus analízisben, nano- és bioanalitikában, szenzorikában, anyagtudományban, valamint a szerkezeti kémia és a főcsoportbeli elemek kémiája területén. A tanszék „modern kori” publikációs tevékenységét minősíti, hogy az MTMT adatbázis alapján az itt jegyzett közlemények idézettsége, történelmileg, a jelenleg 8 kart összesítő Műegyetem idézettségének kb. 13%-át teszi ki.

A jelen

Jelenleg a tanszék létszám tekintetében messze elmarad a Pungor Ernő vezette tanszektől (gyakorlatilag intézettől), de ennek ellenére hagyományos kutatási területeinek többségében aktív maradt. Ezek viszonylag széles spektrumban lefedik az analitikai módszerek fejlesztését, beleértve az anyagvizsgáló és szerkezetfelfedési módszereket, illetve az elemorganikus és szervetlen vegyületek szintézisét. A nagyobb kutatócsoportok mellett, mint a HUN-REN-BME Számítástechnikai Kémia és a Lendület Kémiai Nanoérzékelők Kutatócsoport, a nagy tradicionális kutatócsoportok helyébe több önálló kisebb kutatócsoport alakult, általában egy vezető kutatót és annak doktoránsait tömörítve. Ez lehetővé tette az utóbbi 10 évben a hagyományos K+F tevékenységek megtartása mellett ezek bővítését új kutatási területekkel, elsődlegesen az energetikai alkalmazások területén; ilyen például a hidrogénaktiválás, a szén-dioxid-redukció és az elektrokémiai energiatárolás. Az elektrokémiai energiatárolás területén 2012-ben a Volkswagen AG elektrokémiai kutatócsoportot alapított a tanszéken, amely a VW céggel való kutatási együttműködés keretében unikális gyakorlati tapasztalattal rendelkezik a Li-ion-akkumulátorok fejlesztésében, különös tekintettel a nanoskálán történő folyamatok vizsgálatára és a cellák öregedését előre jelző fizikai modelleken és gépi tanuláson alapuló szoftveres rendszerek fejlesztésére. Megerősödött a számítási kémia, ezt a területet támogatja a HUN-REN-BME Számítástechnikai Kémia kutatócsoport is. Tevékenységének középpontjában olyan kémiai problémák vizsgálata áll, amelyek számítási kémiai módszerekkel tanulmányozhatók, és a számítási eredmények birtokában racionális módon elvégezhető a kísérleti munka, részben a csoportban, részben pedig kiterjedt nemzetközi együttműködésekben. A kutatások eredményei főleg a foszfor- és a szilíciumvegyületek kémiájában születtek, új – zömében konjugált π -rendszert tartalmazó vegyületek vizsgálatával. Nemzetközi MSCA-ITN (CATCHY) projekt keretében a csoport részt vesz a fémklaszter-katalizátorokon alapuló szén-dioxid-redukciós reakciók vizsgálatában. A számítási kémiai kutatások kiterjednek a molekuláris felismerésen alapuló analitikai módszerfejlesztések támogatására, például a molekuláris lenyomatú polimerek kötődési tulajdonságainak értelmezésére és tervezésére.

A szervetlen kémia területén maradvány a tanszék kutatása gyakorlatilag lefedi a periódusos rendszer minden fő-, illetve mellékcsoportját, beleértve a szervetlen kémia határterületeit is, például a fémorganikus kémiát, a homogén/heterogén katalitikus folyamatokat, az organokatalízist, a fizikai szervetlen kémiát, az anyagtudomány és a nanotechnológia szervetlen kémiai vonatkozásait, a szerves szilíciumvegyületek alkalmazásait, valamint a fotoaktív vegyületek kémiáját. A szervetlen kémiai problémák megoldására a tanszék kutatói egyaránt alkalmaznak kísérleti (szintetikus és analitikai), valamint szimulációs (számítási kémiai) módszereket, és a jelenleg is folyó kutatások többségében a gyakorlat és az elmélet kombinációja szinergikusan erősíti egymást. A klasszikus szintetikus módszereket kiegészítik az inert atmoszférában folyó műveletek, amelyekhez több Schlenk-állás is kiépítésre került, a kvantumkémiai számítások hátterét pedig egy nagy teljesítményű számítógép-klaszter biztosítja. A kísérleti alaputatások terén elsősorban a főcsoportbeli elemek (különösen a p-mező elemei: bór, szilícium, foszfor) kémiájában sikerült eredményeket elérni: különleges elektronszerkezetű heterociklusokat, foszfortartalmú ligandumok átmenetifém-komplexeit, klasztervegyületeket és szilikonpolimereket sikerült előállítani, melyek különféle alkalmazásokat tesznek lehetővé. Ezek közül az egyik fontos kutatási terület a karboránok szintézise, amelyek nagy stabilitású, kis toxicitású vegyületek, és kiválóan funkcionálizálhatók. Mivel gyakran aggregáció által indukált emissziót mutatnak, ezek a tulajdonságok optoelektronikai és szenzorikai alkalmazásokban is hasznosíthatók. A fizikai szervetlen kémiai kutatások fókuszában elsősorban főcsoportbeli elemeket (különösen a p-mező nehezebb elemeit) tartalmazó vegyületek reaktivitásának és stabilitásának vizsgálata áll. A felderített szerkezet-tulajdonság-reaktivitás összefüggések lehetővé teszik a vizsgált molekulák alkalmazását olyan területeken, mint az organokatalízis, kis molekulák (pl. hidrogén, ammónia) aktiválása, fotoiniciátorok fejlesztése, valamint optoelektronikai vagy spinjelölőként történő alkalmazások.

A kémiai szimulációkkal több csoport is foglalkozik. A bioszervetlen kémia területén a kutatások fő célja egyrészt a vastartalmú enzimek működésének megértése (különösen a citokróm P450 és H-NOX fehérjéké, amelyek a gyógyszer-metabolizmusban és a szervezetben belüli jelátvitelben játszanak szerepet), másrészt a bio-

mimetikus nitrogénfixációra alkalmas katalizátorok működésének modellezése. Ez utóbbi terület lehetővé teszi energiahatékony katalitikus reakcióutak felderítését ammónia előállítására céljából.

Az analitikai kémia területén a tanszéki felfedező kutatások fókuszában elsődlegesen a kémiailag módosított nanoszerkezetek és szintetikus molekuláris felismerő anyagok és molekulák fejlesztése áll. Az MTA Lendület-programjának támogatásával intenzív K+F tevékenység indult az orvosi diagnosztikai, környezetanalitikai és ipari (bio)kémiai szenzorok, illetve mikroanalitikai rendszerek és assay-k területén. A legfontosabb kutatási témák a molekuláris lenyomatú polimereken alapuló receptorok („műanyag antitestek”), elektrokémiai és optikai detektálású vírusszámológók, viselhető szenzorok, illetve fehérje- és nukleinsav-alapú biomarkerek meghatározására alkalmas miniatürizált mérőrendszerek fejlesztése. Mindezen kutatási tevékenységek jelentősen alapoznak a nanoszerkezetű anyagok és nanorészecskék kontrollált szintézisére, kémiai és biofunkcionalizálására, illetve alkalmazására. Itt olyan jelentős sikereket könyvelhet el a tanszék, mint a Bill&Melinda Gates alapítvány támogatásával megvalósított költség-hatékony elektrokémiai részecske- és vírusszámológó rendszer, illetve a SARS-CoV-2 vírusok detektálására kifejlesztett molekuláris lenyomatú polimereken alapuló, képalkotó felületi plazmonrezonanciás chippek. A tanszéken rendelkezésre állnak kompetitív pályázati forrásokból a biomolekuláris kölcsönhatások nagy áteresztőképességű vizsgálatához szükséges képalkotó plazmonrezonanciás mérőrendszerek, mikroceppentő robotok, hiperspektrális optikai mikroszkópia, lumineszcencia-detektáláson alapuló többcsatornás rendszerek, részecskeszámológók és elektrokémiai munkaállomások. Emellett a tanszéki műszerpark biztosítja az atomi rétegű leválasztáshoz (ALD), illetve az anyagtudományi vizsgálatokhoz szükséges XRD, FTIR, UV-Vis, SEM-EDX, TG/DTA-MS rendszereket.

Szintén az analitikai kutatási profil bővülését fémjelzi a karsztvízkémiai kutatócsoport, amely a karsztos kőzetekben tárolt vízkészletek állapotának felmérésével, a felszín alatti vizek szennyeződéseinek vizsgálatával foglalkozik. Speciális kutatási területe a karsztforrások mögött húzóó víz alatti barlangok vizsgálata, az extrém körülmények közötti bűvármerüléses mintavételezés, a víz alá telepíthető monitorozó műszerek készítése.

Az alkalmazott kutatási tevékenységet

illetően a tanszék az utóbbi 5 évben kb. 50 ipari partnerrel állt kapcsolatban, többségében gáz- (GC-MS) és folyadékkromatográfiás (HPLC-MS), atomspektroszkópiás (ICP-OES, AAS), NMR, XRD és SEM-EDX elemzések, illetve módszerfejlesztések tekintetében. Ezek célja jellemzően a gyógyszeralapanyagok, késztermékek, környezeti, klinikai és élelmiszerminták, technoló-

giai termékek elemzése, szennyezők analízise, illetve az ezekhez szükséges robusztus módszerek validálása és transzferálása.

A tanszék oktatási tevékenysége az előbb említett kutatási területek leképezésénél is sokkal kiterjedtebb, és az alapszakok első félévétől a mesterképzés utolsó félévéig megjelenik a hallgatók képzésében. Meghatározó szerepe van az általános kémiai

alapozó – és újabban felzárkóztató – tárgyak, illetve az alapkollégiumi tárgyak között a szervetlen kémia és az analitikai kémia oktatásában és az ehhez kapcsolódó legnagyobb hallgatói létszámú kari laboratóriumi gyakorlatok megtartásában. Az oktatott tárgyak fedik az analitikai kémia minden lényeges területét, beleértve a mintavételezést és mintaelőkészítést, az elem-analízist, a kromatográfiás módszereket, az elektroanalitikát és szenzorikát, a spektroszkópiás módszereket, valamint az anyag-tudomány változatos vizsgálati módszereit. Emellett a tanszék gondozza a Kromatográfia szakirányú továbbképzési szak és az Analitikai kémiai szakirányú továbbképzési szak (Műszeres analitikai és Minőségirányítási szakirány) állandóan akkreditált 4 féléves, levelező jellegű MSc- és BSc-szintű elméleti és gyakorlati képzését, amelyen eddig több mint 1100 kolléga szerzett szakmérnöki vagy szakanalitikus végzettséget. Emellett a felhasználói igényekhez alkalmazkodva intenzív kurzusokat rendez ipari szakembereknek az elektrokémiai energiatárolók és az elválasztástechnika (Kromisuli) témakörben.

A tanszéken dolgozó külföldi szakmai tapasztalatokkal felvértezett 30–40 évesekből álló korosztály, és növekvő létszámú PhD-hallgatóink adnak reményt arra, hogy az előttünk álló évtizedekben a hagyomány folytatódni fog.

A Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék munkaközössége

IRODALOM

- [1] F. Szabadváry, 150 éves a BME Általános és Analitikai Kémiai Tanszéke, Magyar Kémikusok Lapja (1998) 53, 404–407.
- [2] J. Nagy, I. Gresz, L. Pálóssy, A BME Szervetlen Kémia Tanszék történetének ismertetése, Kémiai Közlemények (1992) 74, 1–8.
- [3] L. Erdey, L. Mázor, Analitikai kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1974.
- [4] J. Balla, Twenty-fifth Anniversary of the Analytical Postgraduate Course in Chromatography of Budapest University of Technology and Economics, Chromatographia (2014) 77, 1161–1165.
- [5] G. Liptay, „A kémiai analízis súlyszerinti módszerei” és a termoanalitika fejlődése, Magyar Kémikusok Lapja, (2021) 76, 175–178.
- [6] Front cover, Chemical Science (2022) 13, 1181–1181.
- [7] Front cover, Nanoscale (2018) 10, 13795–13795.
- [8] J. Bognár, J. Szűcs, Z. Dorkó, V. Horváth, R.E. Gyurcsányi, Lithography: Nanosphere Lithography as a Versatile Method to Generate Surface-Imprinted Polymer Films for Selective Protein Recognition (Adv. Funct. Mater. 37/2013), Adv. Funct. Mater. (2013) 23, 4641–4641.
- [9] R. Mokrai, J. Barrett, D.C. Apperley, A.S. Batsanov, Z. Benkő, D. Heift, Weak Pnictogen Bond with Bismuth: Experimental Evidence Based on Bi–P Through-Space Coupling, Chemistry – A European Journal (2019) 25, 4017–4024.
- [10] F. Roesler, M. Kovács, C. Bruhn, Z. Kelemen, R. Pietschnig, Cover Feature: Phosphetes via Transition Metal Free Ring Closure – Taking the Proper Turn at a Thermodynamic Crossing (Chem. Eur. J. 38/2021), Chemistry – A European Journal (2021) 27, 9718–9718.



Címlapválogatás tanszéki publikációkból [6–10]

Víz alatti analitika: mintavétel a Molnár János-barlangban (fotó: Spanyol József)

